



①⑨

CH PATENTSCHRIFT A 5

①①

584 448

G

- ②① Gesuchsnummer: 527/75
⑥① Zusatz zu:
⑥② Teilgesuch von:
②② Anmeldungsdatum: 16. 1. 1975, 16 h
③③ ③② ③① Priorität:

Patent erteilt: 15. 12. 1976

- ④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 31. 1. 1977

- ⑤④ Titel: Verfahren zur Herstellung eines Hochspannungskabels und
Anlage zur Durchführung des Verfahrens

- ⑦③ Inhaber: Kabelwerke Brugg AG, Brugg

- ⑦④ Vertreter: Scheidegger, Zwickv & Co., Zürich

- ⑦② Erfinder: Dipl.-El.-Ing. Bruno Capor. Windisch

POOR QUALITY

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Hochspannungskabels mit mindestens einem Leiter, einem Kabelmantel und einer den Leiter umgebenden Isolation, die aus einer Vielzahl von lagenweise übereinander und in aufeinanderfolgenden Lagen versetzt gegeneinander angeordneten Isoliermaterialbändern zusammengesetzt ist und ein Zwischenräume zwischen benachbarten Isoliermaterialbändern und andere Hohlräume innerhalb des von dem Kabelmantel umschlossenen Raumes ausfüllendes Imprägniermittel umfasst und bei der sich die Isoliermaterialbänder in Bandlängsrichtung mindestens näherungsweise in Längsrichtung des von ihnen isolierten Leiters und in Bandquerrichtung mindestens näherungsweise in Umfangsrichtung des von ihnen isolierten Leiters erstrecken, sowie auf eine Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens.

Hochspannungskabel gebräuchlicher Art sind als sogenannte papierisolierte Kabel, insbesondere papierisolierte Ölkabel, allgemein bekannt. Diese bekannten Hochspannungskabel haben sich im Betrieb hinsichtlich ihrer Spannungsfestigkeit und ihrer Lebensdauer sehr gut bewährt, sie weisen aber hinsichtlich ihrer elektrischen Übertragungseigenschaften gewisse durch die Papierisolation bedingte Nachteile auf, insbesondere eine verhältnismässig hohe Kapazität pro Längeneinheit aufgrund der hohen relativen Dielektrizitätskonstante ϵ_r des die Isolation bildenden imprägnierten Papiers und einen nicht unbeträchtlichen Verlustfaktor $\tan \delta$ bzw. einen relativ grossen Verlustwinkel δ aufgrund des nach oben begrenzten Isolationswiderstandes der Papierisolation. Ausserdem ist das Herstellungsverfahren für diese bekannten papierisolierten Hochspannungskabel aufgrund der mechanischen und physikalischen Eigenschaften des zur Isolation verwendeten Cellulose-Papiers aufwendig und kompliziert, und zwar weil dieses Papier erstens nur sehr wenig dehnbar ist und zweitens leicht Feuchtigkeit aufnimmt. Die leichte Feuchtaufnahme des Papiers hat zur Folge, dass die fertig gewickelte Papierisolation nochmals einem Trocknungsprozess unterzogen werden muss, bevor die Imprägnierung der Isolation und der feuchtigkeitsfeste Abschluss des Kabels durch den Kabelmantel erfolgen kann. Der Trocknungsprozess wird in der Regel unter Vakuum oder stark vermindertem Druck durchgeführt und ist schon aus diesem Grunde relativ aufwendig. Ausserdem wird durch den Trocknungsprozess eine Volumenschrumpfung des Papiers verursacht, die zu Zug- und Schubspannungen innerhalb des Isolationswickels führt, welche ihrerseits die Gefahr von Rissen und Faltenbildung innerhalb der Isolation des Wickels möglichst genau eingehalten werden müssen, auch eine aufwendige und komplizierte Isoliereinrichtung mit umfangreichen Steuer- und Regeleinrichtungen, deren Arbeitsgeschwindigkeit schon durch die vorgeschriebenen Längszüge festgelegt und daher nicht an die Arbeitsgeschwindigkeit der übrigen zur Herstellung des Kabels erforderlichen Einrichtungen anpassbar ist. Daher sind bei der Herstellung papierisolierter Hochspannungskabel für die Isolierung und die sich daran anschliessende Trocknung, Imprägnierung und Ummantelung gesonderte, nicht zusammenfassbare Arbeitsgänge notwendig, was eine weitere Erhöhung des technischen Aufwandes mit sich bringt.

Zusammenfassend lässt sich also zu den bekannten papierisolierten Hochspannungskabeln sagen, dass ihre hervorragenden Eigenschaften hinsichtlich Spannungsfestigkeit und Lebensdauer mit einer ganzen Reihe von Nachteilen erkauft werden müssen, die sich sowohl auf das Kabel selbst (hohe Kapazität, hohe dielektrische Verluste) als auch auf sein Herstellungsverfahren (mehrere gesonderte Arbeitsgänge, Trocknungsprozess unter Vakuum, häufig auch noch Vortrocknung der Papierbänder vorm Aufwickeln) und die erforderliche Herstellungseinrichtung (komplizierte Isoliermaschine,

Vakuumtrocknungseinrichtung) beziehen. Die Ursache für diese Nachteile sind, wie aus den obigen Erläuterungen hervorgeht, ausschliesslich Eigenschaften des als Isoliermaterial verwendeten Papiers, nämlich eine hohe Verlustziffer ϵ_r , $\tan \delta$, starke Feuchtaufnahme und geringe Dehnbarkeit.

Es lag daher der Versuch nahe, bei Hochspannungskabeln das bislang als Isoliermaterial verwendete Papier durch ein anderes, die besagten Nachteile nicht aufweisendes Isoliermaterial zu ersetzen. Als solches boten sich die in den letzten Jahrzehnten in immer steigendem Masse als Isoliermaterialien eingesetzten Kunststoffe an, insbesondere die thermoplastischen Polymeren und von denen in erster Linie Polyolefine. Es zeigte sich aber, dass der einfache Ersatz der Papierbänder durch entsprechende Kunststoffolienbänder nicht den gewünschten Erfolg brachte. Denn obwohl diese Kunststoffe in allen den Punkten, in denen die Eigenschaften von Papier zu den oben erörterten Nachteilen führten, wesentlich günstigere Eigenschaften aufweisen – so eine geringere relative Dielektrizitätskonstante und einen wesentlich geringeren Verlustfaktor als Papier, eine grosse elastische Dehnbarkeit und insbesondere auch die Eigenschaft, kurzzeitig aus der umgebenden Atmosphäre keinerlei Feuchtigkeit aufzunehmen – fehlt den Kunststoffen eine für die Herstellung eines betriebssicheren Hochspannungskabels in der von den papierisolierten Hochspannungskabeln her üblichen Weise unumgänglich notwendige Eigenschaft, nämlich eine Porosität der Kunststoffolienbänder, die bei Cellulose-Papier ja von Natur aus gegeben ist. Wegen dieser fehlenden Porosität ist eine einwandfreie Imprägnierung in der bisher üblichen Weise bei Verwendung von Kunststoffolienbändern anstelle von Papierbändern nicht möglich, denn wenn die Imprägnierung wie bei der Herstellung papierisolierter Hochspannungskabel nach dem Wickeln der Isolation vorgenommen wird, dann muss die Luft aus den beim Wickeln der Isolation unvermeidlich auftretenden Lufteinschlüssen innerhalb des Isolationswickels während des Imprägniervorganges vollständig entweichen können, und das ist nur möglich wenn die Isoliermaterialbänder porös sind, während bei nicht porösen Bändern wie Kunststoffolienbändern nur aus einem Teil der Lufteinschlüsse die Luft entweichen kann bzw. durch das Imprägniermittel verdrängt wird, während der restliche Teil der Lufteinschlüsse bestehen bleibt und in diesen Bereichen dann beim Betrieb des Hochspannungskabels Entladungen entstehen, die in kurzer Zeit zum Durchschlag des Kabels führen. Eine vollständige Vermeidung von Lufteinschlüssen innerhalb der Isolation wäre bei der Verwendung von Kunststoffbändern als Isoliermaterial nur dann möglich, wenn die Imprägnierung unmittelbar beim Wickeln der Isolierung vorgenommen werden könnte, aber diese Möglichkeit scheidet bei der üblichen schraubenlinienförmigen Wicklung der Isoliermaterialbänder um den Leiter bzw. des schon aufgetragenen Teils der Isolation herum aus, weil hierzu die Bandrollen, von denen die Isoliermaterialbänder zum Wickeln der Isolation entnommen werden, um den Leiter herumgeführt werden müssen und die Bewicklung daher nicht in einem Imprägniermittelbad vorgenommen werden kann. Um Kunststoffbänder als Isoliermaterial verwenden und diese in einem Imprägniermittelbad auf den Leiter aufbringen zu können, hat man auch schon den Versuch unternommen, die Bänder so auf den Leiter aufzubringen, dass die Bandrollen nicht wie bei der üblichen schraubenlinienförmigen Wicklung um den Leiter herumgeführt werden müssen sondern auf die Bewegung der Bandrollen in Umfangsrichtung des Leiters verzichtet werden kann, so dass von der schraubenlinienförmigen Bewegung der Bandrollen relativ zum Leiter nur noch die Relativbewegung in Leiterlängsrichtung übrigbleibt. Eine solche Isolation mit in Leiterlängsrichtung verlaufenden Isoliermaterialbändern aus Kunststoff

ist von dem in der französischen Patentschrift 1 495 469 beschriebenen Hochspannungskabel her bekannt. Dort wird die Isolation derart auf den Leiter aufgebracht, dass sämtliche Bänder in einem Imprägnierungsmittelbehälter konisch zusammenlaufen und sich so um den Leiter herumlegen. Da sich die Bänder bei diesem bekannten Verfahren der eingangs genannten Art aber bei dem konischen Zusammenlaufen quer zueinander verschieben, führt diese Art der Aufbringung der Bänder - wie eine nähere Untersuchung gezeigt hat - zur Bildung von in Bandlängsrichtung verlaufenden Falten in den Bändern und daher zu einem inhomogenen Aufbau der Isolation, der seinerseits eine wesentlich geringe Spannungsfestigkeit der so hergestellten Hochspannungskabel gegenüber vergleichbaren papierisolierten Hochspannungskabeln mit in üblicher Weise schraubenlinienförmig gewickelten Isoliermaterialbändern zur Folge hat. Aus diesen Gründen mussten die anfangs vielversprechend erscheinenden Versuche, bei Hochspannungskabeln zur Isolation anstelle von Papierbändern Kunststofffolienbänder zu verwenden, nach schlechten praktischen Erfahrungen mit den so hergestellten Versuchskabeln wieder eingestellt werden.

Ein anderer Weg, die Papierisolation bei Hochspannungskabeln durch eine Kunststoffisolation zu ersetzen, ging in der Richtung, anstelle einer lagenweise in Form von um den Leiter gewickelten Isoliermaterialbändern aufgetragenen Isolation eine den Leiter umschliessende, einheitlich aus Kunststoff bestehende dickwandige Hülle als Isolation vorzusehen. Bei einer solchen Ausbildung ist eine Imprägnierung nicht erforderlich, und damit treten die bei der Verwendung von Kunststofffolienbändern anstelle von Papierbändern entstehenden Schwierigkeiten mit einer einwandfreien Imprägnierung der Kunststoffisolation in diesem Fall nicht auf. Vorteilhaft ist bei dieser Ausbildung der Isolation auch, dass die Kunststoffhülle in einem Extrudierverfahren auf den Leiter aufgebracht werden kann, was den technischen Aufwand und damit die Kosten für die Herstellung eines solchen Kunststoffkabels im Vergleich zu Kabeln mit einer aus gewickelten Bändern bestehenden Isolation ganz wesentlich herabsetzt, zumal wegen des Wegfalls der Imprägnierung und des bei Papierisolation notwendigen Trocknungsprozesses auch ein gesonderter zweiter Arbeitsgang bei der Herstellung des Kabels nicht erforderlich ist. Den Vorteilen einer einfachen Technologie und relativ niedriger Herstellungskosten steht aber der entscheidende Nachteil gegenüber, dass die Spannungsfestigkeit solcher mit einer Vollkunststoffisolation versehener Kabel und damit ihre Lebensdauer bei starker Belastung zu wünschen übriglassen. Der Grund hierfür ist folgender: Unregelmässigkeiten im Gefüge wie Mikroporen, Fremdmaterialeinschlüsse, Hohlräume, aber auch innere Spannungen, kristalline Überstrukturen im Gefüge usw. sind in der Isolation von Hochspannungskabeln ganz allgemein gefährdete Bereiche, in denen durch Feldstärkekonzentration Ionisation und damit Umwandlungs- oder Zersetzungsprozesse ausgelöst werden können, die schliesslich dann zum Durchschlag der Isolation führen. Die Gefährdung ist dabei um so grösser, je grösser die Ausdehnung des Bereiches in radialer Richtung des Kabels ist, weil mit der Ausdehnung des Bereiches in radialer Richtung des Kabels die über dem Bereich liegende Gesamtspannung und damit auch Energie und Anzahl der durch Ionisation erzeugten Ladungsträger und damit wiederum deren Zerstörungswirkung entsprechend anwachsen. Bei einer lagenweise aus Isoliermaterialbändern zusammengesetzten und mit einem Imprägniermittel versehenen Isolation sind nun die Ausmassen der gefährdeten Bereiche in radialer Richtung des Kabels jeweils auf die Dicke der Isoliermaterialbänder beschränkt, und die Dicken der Isoliermaterialbänder sind, entsprechend der jeweils in der betreffenden Lage herrschenden Feldstärke, so bemessen, dass

die über der Lage liegende Spannung zur Aufrechterhaltung einer selbständigen Entladung in dem Imprägniermittel nicht ausreicht. Wenn sich daher in einem gefährdeten Bereich eines Isoliermaterialbandes eine Entladung bildet, wird diese gelöscht, sobald der Bereich bis auf die volle Bandstärke angewachsen ist und infolgedessen das Imprägniermittel in den Bereich eindringen und diesen ausfüllen kann. Bei einer Vollkunststoffisolation hingegen führen solche Entladungen wegen des Fehlens eines Imprägniermittels zur Karbonisierung und damit sozusagen zum Kurzschluss der Bereiche, und das hat eine Konzentration der Verschiebungslinien auf diese Bereiche und damit eine Erhöhung der Feldstärke in der Umgebung dieser Bereiche zur Folge, so dass die Bereiche laufend anwachsen und binnen kurzem eine zum Durchschlag der Isolation führende Brücke bilden. Bei einer Vollkunststoffisolation könnte daher nur dann eine mit der Spannungsfestigkeit von lagenweise aus Isoliermaterialbändern zusammengesetzten Isolationen vergleichbare Spannungsfestigkeit erreicht werden, wenn es gelänge, Vollkunststoffisolationen mit vollständig homogenem Gefüge zu schaffen, und das ist jedenfalls mit einem Extrusionsprozess nicht realisierbar und dürfte auch auf andere Weise mit einem wirtschaftlich vertretbaren Aufwand kaum zu erreichen sein. Vollkunststoffisierte Hochspannungskabel werden in grösserem Massstab daher bis heute nur für Spannungen im unteren Teil des Hochspannungsbereiches eingesetzt, also in der Regel für Spannungen, die unter 100 KV liegen.

Insgesamt ist es also bisher auf wirtschaftliche Weise noch nicht gelungen, Hochspannungskabel mit einer den papierisolierten Hochspannungskabeln vergleichbaren Spannungsfestigkeit und Lebensdauer zu schaffen, die die durch die Papierisolation bedingten Nachteile der bekannten Hochspannungskabel wie die hohe Kapazität und den hohen Verlustfaktor nicht aufweisen und auch nicht zu den durch die Feuchtigkeitsaufnahme des Papiers und dessen mangelnde Dehnbarkeit bedingten herstellungstechnischen Schwierigkeiten führen. Nach den obigen Ausführungen lässt sich dies mit einer Vollkunststoffisolation auch nicht erreichen, sondern höchstens mit einer lagenweise aus Isoliermaterialbändern zusammengesetzten Isolation, und letzteres auch nur dann, wenn mit ein und demselben Herstellungsverfahren sowohl für das Problem einer einwandfreien Imprägnierung, das bisher insbesondere bei der üblichen Wicklung der Isoliermaterialbänder um den Leiter herum für nichtporöse Isoliermaterialbänder wie Kunststofffolienbänder nicht gelöst werden konnte, als auch für das Problem einer faltenfreien Aufbringung der Isoliermaterialbänder, das bisher insbesondere bei dem oben erwähnten Hochspannungskabel mit in Leiterlängsrichtung verlaufenden Isoliermaterialbändern nicht gelöst war, eine befriedigende Lösung gefunden werden kann.

Der Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines Hochspannungskabels und eine Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens zu schaffen, mit denen bei Verwendung nichtporöser Isoliermaterialbänder sowohl eine einwandfreie Imprägnierung der Isolation als auch eine faltenfreie Aufbringung der Bänder möglich ist.

Erfindungsgemäss wird das mit einem Verfahren der eingangs genannten Art erreicht, das dadurch gekennzeichnet ist, dass der Leiter entlang einer zentralen Führungslinie bewegt wird und im Bereich derselben die Gesamtzahl der Isoliermaterialbänder, aus denen sich die Isolation zusammensetzt, auf den sich bewegenden Leiter derart aufgebracht wird, dass aufeinanderfolgenden Lagen zugeordnete Isoliermaterialbänder erstens in Bewegungsrichtung des Leiters und zweitens, entsprechend der Winkelveersetzung der Isoliermaterialbänder in aufeinanderfolgenden Lagen der Isolation, in Umfangsrichtung des Leiters versetzt gegeneinander auf

den Leiter aufgebracht werden und die jeweils ein und derselben Lage zugeordneten Isoliermaterialbänder dem in der Herstellung befindlichen Kabel gleichmässig auf den Umfang desselben verteilt zugeleitet werden, und dass ferner die in annähernd ebener Form von Bandrollen abrollenden Isoliermaterialbänder vor dem Aufbringen auf das in der Herstellung befindliche Kabel derart in Bandquerrichtung gekrümmt werden, dass sie sich beim Aufbringen in ihrer vollen Breite an mindestens einen Sektor des von dem Leiter und dem schon aufgetragenen Teil der Isolation gebildeten zylindrischen Stranges anlegen, und dass die Isolation gleichzeitig mit dem Aufbringen der Isoliermaterialbänder mit dem Imprägniermittel versehen wird.

Das vorliegende Verfahren vereinigt die spezifischen Vorteile der beiden oben erwähnten bekannten Verfahren zur Herstellung von Kabeln mit Lagenisolation in sich, nämlich den sich bei der Herstellung papierisolierter Kabel mit Wicklung der Isoliermaterialbänder um den Leiter herum aus der Aufbringung der Lagen mit einem schon nahezu dem Lagedurchmesser im fertigen Kabel entsprechenden Durchmesser ergebenden Vorteil der Faltenlosigkeit der Bänder im fertigen Kabel und den sich bei der Herstellung von Kabeln mit in Leiterlängsrichtung verlaufenden Isoliermaterialbändern aus der dort möglichen Aufbringung der Bänder in einem Imprägniermittelbad ergebenden Vorteil der einwandfreien Imprägnierbarkeit der Isolation, weist aber die spezifischen Nachteile dieser beiden Verfahren, nämlich die aus der fehlenden Porosität von Kunststoff und der daraus folgenden nur mangelhaften Imprägnierbarkeit der Isolation resultierende Nichtverwendbarkeit von Kunststoffbändern beim erstgenannten Verfahren und den aus der oben erwähnten Querverschiebung der Isoliermaterialbänder bei ihrem konischen Zusammenlaufen und der daraus folgenden Faltenbildung in den Bändern resultierenden inhomogenen Aufbau der Isolation beim letztgenannten Verfahren, nicht auf.

Vorzugsweise werden die Isoliermaterialbänder bei dem vorliegenden Verfahren genau parallel zur Leiterachse auf den Leiter aufgebracht. In diesem Fall ist die Aufbringung der Isoliermaterialbänder im Imprägniermittelbad mit dem geringsten technischen Aufwand verbunden. Es lässt sich aber auch eine verseilungsartige Umschlingung des Leiters durch die Isoliermaterialbänder erzielen. Hierzu wird zweckmässig zwischen dem von dem Leiter und dem schon aufgetragenen Teil der Isolation gebildeten zylindrischen Strang und den zur Aufbringung der Isoliermaterialbänder vorgesehenen Mitteln eine relative Drehbewegung mit einer der Längsbewegungsgeschwindigkeit des Leiters mit einer Proportionalitätskonstante proportionalen Winkelgeschwindigkeit erzeugt und die Isoliermaterialbänder werden in mit der gleichen Proportionalitätskonstante jeweils dem Radius der zugeordneten Lage im fertigen Kabel proportionalen Winkeln zur Leiterachse auf den Leiter aufgebracht, wobei die Proportionalitätskonstante vorzugsweise so gewählt wird, dass bei allen aufgetragenen Isoliermaterialbändern der Winkel zwischen einer Bandlängsseite und einer durch dieselben verlaufenden Parallelen zur Leiterachse kleiner als 5° ist.

In den einzelnen Lagen der Isolation können bei dem vorliegenden Verfahren vorteilhaft je n Isoliermaterialbänder so auf den von dem Leiter und dem schon aufgetragenen Teil der Isolation gebildeten zylindrischen Strang aufgebracht werden, dass sich jedes derselben in Bandquerrichtung über mindestens annähernd $360^\circ/n$ in Umfangsrichtung des Leiters erstreckt und die n Isoliermaterialbänder zusammen den Leiter und die unter ihnen befindlichen Lagen der Isolation zylindermantelförmig umhüllen, wobei die Isoliermaterialbänder in aufeinanderfolgenden Lagen vorzugsweise jeweils um mindestens annähernd $120^\circ/n$ in Umfangsrichtung des von ihnen isolierten Leiters gegeneinander versetzt auf-

gebracht werden und wobei n eine ganze Zahl, vorzugsweise 1, 2 oder 3 ist. Daneben besteht aber auch die Möglichkeit, die Isoliermaterialbänder so aufzubringen, dass bei einem Querschnitt durch das Kabel die aneinandergereihten Bandquerschnitte der Isoliermaterialbänder eine Spirale bilden.

Zweckmässig sollten bei dem vorliegenden Verfahren Isoliermaterialbänder aus einem elastisch dehnbaren Material verwendet werden, vorzugsweise aus Kunststofffolien oder elastisch dehnbarem Papier oder einer Kombination von beiden. Aber auch Isoliermaterialien, die praktisch nur plastisch und nicht elastisch dehnbar sind, können für die Bänder Verwendung finden. Hingegen besteht bei praktisch nicht dehnbaren Materialien die Schwierigkeit, dass in den an Krümmungsstellen des zu verlegenden fertigen Kabels entstehenden Streckungsbereichen des Kabels Risse der Isoliermaterialbänder auftreten können.

Vorteilhaft können die Isoliermaterialbänder unter Längszug mit einer im elastischen Bereich liegenden Dehnung auf das in der Herstellung befindliche Kabel aufgebracht werden, so dass sich in den an Krümmungsstellen des zu verlegenden fertigen Kabels entstehenden Stauchungsbereichen des Kabels keine Stauchung sondern nur eine Zusammenziehung der Isolation bzw. der Isoliermaterialbänder ergibt. Die elastische Dehnung der Isoliermaterialbänder wird dabei zweckmässig proportional ihrem radialen Abstand von der Kabelachse im fertigen Kabel bemessen und die elastische Dehnung der Isoliermaterialbänder der äussersten Lage höchstens gleich der Hälfte der sich an der oberen Grenze des elastischen Bereiches ergebenden Dehnung gemacht.

Als Isoliermaterialbänder werden bei dem vorliegenden Verfahren in erster Linie Kunststofffolienbänder, vorzugsweise Polyolefinbänder, verwendet. Diese können vorteilhaft vor dem Aufbringen auf den zu isolierenden Leiter noch einer Vergütungsvorbehandlung unterzogen werden, vorzugsweise einer chemischen oder Strahleneinwirkung zur Vernetzung ihrer molekularen Struktur.

Das in der Herstellung befindliche Kabel wird zweckmässig nach dem Aufbringen sämtlicher Isoliermaterialbänder mit einer äusseren Abschirmung versehen, mit der die äusserste Lage von Isoliermaterialbändern vorzugsweise umspannen wird, wobei diese äussere Abschirmung mit Vorteil im gleichen Verfahrensgang wie das Aufbringen der Isoliermaterialbänder in einem in Bewegungsrichtung des Leiters auf den Bereich der Aufbringung der Isoliermaterialbänder folgenden Bereich auf das in der Herstellung befindliche Kabel aufgebracht wird. Vorzugsweise wird das in der Herstellung befindliche Kabel ferner nach dem Aufbringen sämtlicher Isoliermaterialbänder mit einer Ummantelung versehen, die ebenfalls im gleichen Verfahrensgang wie das Aufbringen der Isoliermaterialbänder in einem in Bewegungsrichtung des Leiters auf den Bereich der Aufbringung der äusseren Abschirmung folgenden Bereich auf das in der Herstellung befindliche Kabel aufgebracht wird.

Von Vorteil ist ferner, das in der Herstellung befindliche Kabel bei dem vorliegenden Verfahren über einen Bereich, in dem alle im gleichen Verfahrensgang ablaufenden Verfahrensschritte (Aufbringen der Isoliermaterialbänder, äussere Abschirmung, Ummantelung) durchgeführt werden, längs einer geradlinigen Führungslinie zu bewegen.

Um die Isolation gleichzeitig mit der Aufbringung der Isoliermaterialbänder mit dem Imprägniermittel zu versehen, wird der Leiter zweckmässig beim Aufbringen der Isoliermaterialbänder durch das Imprägniermittel hindurchgeführt und die Temperatur des Imprägniermittels in einem Bereich gehalten, in dem sich das Imprägniermittel im flüssigen Zustand befindet.

Zur Herstellung eines Ölkabels wird dabei zweckmässig

als Imprägniermittel eine niedrigviskose Isolierflüssigkeit, vorzugsweise Kabelöl, und zur Herstellung eines Gasaussendruckkabels als Imprägniermittel eine Isolierflüssigkeit mittlerer Viskosität verwendet.

Es kann aber mit Vorteil auch ein bei Normaltemperatur von 20 °C in einem schmierfettartigen Übergangszustand vom flüssigen zum festen Aggregatzustand befindliches Imprägniermittel, vorzugsweise ein hochviskoser hochmolekularer Kohlenwasserstoff oder eine Mischung solcher Kohlenwasserstoffe, verwendet werden.

Anstelle eines solchen zumindest beim Aufbringen der Isoliermaterialbänder im flüssigen Zustand befindlichen Imprägniermittels kann aber auch, und zwar im Falle der Herstellung eines Gasinnendruckkabels, als Imprägniermittel ein Isoliergas, vorzugsweise Stickstoff oder Schwefelhexafluorid, verwendet werden, wobei dann der Leiter beim Aufbringen der Isoliermaterialbänder und bis zur Ummantelung durch einen unter Überdruck stehenden Gasbehälter hindurchgeführt wird, in dem sich das Isoliergas befindet.

Die Erfindung betrifft weiter eine Anlage zur Durchführung des vorliegenden Verfahrens, die gekennzeichnet ist durch einen Imprägnierbehälter, Führungsmittel zur Führung des zu isolierenden Leiters durch den Imprägnierbehälter in Leiterlängsrichtung, eine der Anzahl der Isoliermaterialbänder, aus denen sich die Isolation zusammensetzt, entsprechende Anzahl von drehbar gelagerten Bandrollen, eine mindestens Anzahl der Lagen in der Isolation entsprechende Anzahl von innerhalb des Imprägnierbehälters angeordneten Leitorganen zur Zuleitung der Isoliermaterialbänder zu den in der Herstellung befindlichen Kabel auf dem letzten Wegstück vor dem Aufbringen auf dasselbe mit Leitflächen für die Isoliermaterialbänder, deren Flächenkrümmungsradius in zur Bewegungsrichtung der Isoliermaterialbänder lotrechten Querschnittsebenen sich in Bewegungsrichtung der Isoliermaterialbänder verringert, zur Krümmung der in annähernd ebener Form von den Bandrollen abrollenden Isoliermaterialbänder vor dem Aufbringen auf das in der Herstellung befindliche Kabel in eine ihrer Querkrümmung in der Isolation im fertigen Kabel mindestens annähernd angepasste Form, und eine Anzahl von Kalibrierorganen, die das in der Herstellung befindliche Kabel an mehreren Stellen jeweils mit einem dem Durchmesser des schon aufgebrachten Teiles der Isolation im fertigen Kabel entsprechenden Durchmesser umschliessen und beim Durchziehen des in der Herstellung befindlichen Kabels den schon aufgebrachten Teil der Isolation auf diesen Durchmesser kalibrieren.

Bei einer bevorzugten Ausbildungsform der Anlage zur Durchführung des Herstellungsverfahrens ist dem Imprägnierbehälter eine Vorrichtung zur Aufbringung einer äusseren Abschirmung auf das den Imprägnierbehälter verlassende, in der Herstellung befindliche Kabel, vorzugsweise ein Spinner zum Umspinnen desselben, nachgeschaltet. Dieser Vorrichtung kann dann vorteilhaft noch eine Ummantelungseinrichtung nachgeschaltet sein. Bei Verwendung eines Isoliergases als Imprägniermittel hingegen umschliesst der in diesem Fall mit Isoliergas gefüllte Imprägnierbehälter zweckmässig ausser dem Bereich der Aufbringung der Isoliermaterialbänder noch die auf diesen Bereich folgende Vorrichtung zur Aufbringung der äusseren Abschirmung und reicht bis zum Eingang der dieser nachgeschalteten Ummantelungseinrichtung.

Die Führungsmittel sind bei der vorliegenden Anlage zweckmässig zu einer geradlinigen Führung des in der Herstellung befindlichen Kabels durch alle in den gleichen Herstellungsgang einbezogenen Einrichtungen (Isoliermaterialbandaufbringung, äussere Abschirmung, Ummantelung) ausgebildet.

Zweckmässig sind bei der vorliegenden Anlage ferner auf die Bewegung der Isoliermaterialbänder einwirkende regelbare Bremsmittel vorgesehen, die vorzugsweise in der Lagerung der Bandrollen angeordnet sind, zur Erzeugung eines auf die Isoliermaterialbänder wirkenden, auf einen konstanten Wert einregelbaren Längszuges.

Bezüglich der genannten Leitorgane für die Isoliermaterialbänder ist es hinsichtlich des technischen Aufwandes von Vorteil, je ein Leitorgan für die Isoliermaterialbänder jeder Lage der Isolation vorzusehen und die Leitflächen der einzelnen Leitorgane horntrichterförmig auszubilden und vorzugsweise mit Längsführungsmitteln für jedes einzelne Isoliermaterialband der zugeordneten Lage zu versehen. Wenn eine sehr grosse Präzision beim Aufbringen der Isoliermaterialbänder erzielt werden soll, kann es jedoch zweckmässiger sein, dass je ein Leitorgan für jedes aufzubringende Isoliermaterialband vorgesehen ist und die Leitorgane derart angeordnet sind, dass aufeinanderfolgenden Lagen zugeordnete Leitorgane erstens in Bewegungsrichtung des Leiters und zweitens, entsprechend der Winkelversetzung der Isoliermaterialbänder in aufeinanderfolgenden Lagen, in Umfangsrichtung des Leiters gegeneinander versetzt sind und für jede einzelne Lage eine der Anzahl der Isoliermaterialbänder in der betreffenden Lage entsprechende Anzahl von gleichmässig um den Leiter herum verteilten Leitorganen vorgesehen ist, und dass die Leitflächen der Leitorgane von einer mindestens annähernd ebenen Fläche am Bandeinlauf in eine mindestens annähernd zylindermantelförmige bzw. teilzylindermantelförmige Fläche am Bandauslauf übergehen.

Zur Erzielung einer hohen Präzision beim Aufbringen der Isoliermaterialbänder ist es auch von grossem Vorteil, wenn je ein Kalibrierorgan für jede Lage von Isoliermaterialbändern vorgesehen ist und die einzelnen Kalibrierorgane sich an die Bandausläufe der jeweils einer Lage zugeordneten Leitorgane anschliessen, weil dadurch sichergestellt wird, dass der schon aufgebrachte Teil der Isolation beim Aufbringen der Isoliermaterialbänder der jeweils folgenden Lage den richtigen und keinen zu grossen Durchmesser hat, denn bei einem zu grossen Durchmesser wäre ja noch eine Querverschiebung der Isoliermaterialbänder nach ihrer Aufbringung erforderlich, was zwangsläufig mit der Gefahr einer Faltenbildung verbunden ist.

Wenn als Imprägniermittel ein sich zumindest beim Aufbringen der Isoliermaterialbänder in flüssigem Zustand befindliches Imprägniermittel verwendet wird, können die Kalibrierorgane gleichzeitig als Abstreiforgane zum Abstreifen des überschüssigen Teiles des Imprägniermittels, das von den Isoliermaterialbändern beim Durchlaufen des das in der Herstellung befindliche Kabel umgebenden Imprägniermittels mitgenommen wird, dienen und vorzugsweise nippelförmig ausgebildet sein.

Anhand der nachstehenden Figuren ist die Erfindung im folgenden an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer zur Durchführung des vorliegenden Verfahrens vorgesehenen Anlage zur Herstellung eines Hochspannungskabels in einem in sich geschlossenen Verfahrensgang;

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung eines Abschnittes des Imprägnierbehälters der in Fig. 1 gezeigten Anlage mit einem Abschnitt des in der Herstellung befindlichen Kabels und den teilweise schematisch dargestellten Mitteln zur Aufbringung einer Lage der Isoliermaterialbänder;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Anordnung der Isoliermaterialbänder in aufeinanderfolgenden Lagen bei einem Isoliermaterialband pro Lage;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Anordnung der Isoliermaterialbänder in aufeinanderfolgenden

den Lagen bei zwei Isoliermaterialbändern pro Lage;

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Anordnung der Isoliermaterialbänder in aufeinanderfolgenden Lagen bei drei Isoliermaterialbändern pro Lage;

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Anordnung der Isoliermaterialbänder bei im Querschnitt durch das Kabel spiralförmig aneinandergereihten Bandquerschnitten der Isoliermaterialbänder.

Die in den Fig. 1 und 2 schematisch dargestellte Anlage zur Herstellung eines einadrigen Hochspannungskabels der vorliegenden Art umfasst eine Leiterrolle 1, von der der zur Herstellung des Kabels dienende blanke Leiter 2 abgerollt wird und die in ihrer Lagerung mit einer nicht dargestellten, ein steuerbares Bremsmoment verursachenden Bremsvorrichtung zur Erzeugung eines Längszuges auf den Leiter 2 versehen ist, eine Umlenkrolle 3, die in ihrer Lagerung mit einer nicht dargestellten Einrichtung zur Messung der von dem Leiter 2 auf sie ausgeübten Kraft und zur Ableitung eines einen konstanten Längszug auf den Leiter 2 bewirkenden Steuersignals für die Bremsvorrichtung in der Lagerung der Leiterrolle 1 aus der gemessenen Kraft versehen ist, einen mit flüssigem Imprägniermittel 4 gefüllten wannenförmigen Imprägnierbehälter 5 mit einer der Anzahl der Lagen von Bändern aus Isoliermaterial (bzw. gegebenenfalls halbleitenden Material bei der innersten und äussersten Lage), mit denen das Kabel versehen ist, entsprechenden Anzahl von Behälterabschnitten 5₁ bis 5_m, je drei Bandrollen 6 sowie drei Umlenkrollen 7 (Fig. 2) und drei Leitorgane 8 (Fig. 2) für die drei pro Lage vorgesehenen Bänder in jedem der Behälterabschnitte 5₁ bis 5_m, je ein Kalibrier- und Abstreiforgan 10 (Fig. 2) in jedem der Behälterabschnitte 5₁ bis 5_m, eine den Bereich der Aufbringung der Isoliermaterialbänder umschliessende Kammer 11 mit einer eingangsseitigen und einer ausgangsseitigen Dichtung 12 und 13, eine als Spinner ausgebildete Vorrichtung 14 zur Aufbringung einer äusseren Abschirmung, die zum Umspinnen der auf den Leiter 2 aufgetragenen Isolation 15 mit einem die äussere Abschirmung 16 bildenden Band mit Metallbelag dient, eine aus einer Bleipresse bestehende Ummantelungseinrichtung 17 zur Aufbringung eines Bleimantels 18 auf die äussere Abschirmung 16, eine Abzugscheibe 19, die zusammen mit der Umlenkrolle 3 als Führungsmittel zur geradlinigen Führung des in der Herstellung befindlichen Kabels durch die Kammer 11 und den Imprägnierbehälter 5, den Spinner 14 und die Bleipresse 17 dient und zur Erzeugung eines konstant bleibenden Längszuges auf das Kabel 20 von einem nicht dargestellten Motor mit durch eine Regeleinrichtung konstant gehaltenem Drehmoment angetrieben wird und deren Radius dem minimal zulässigen Krümmungsradius des Kabels 20 entspricht, und schliesslich eine Kabelrolle 21, die von einem ebenfalls nicht dargestellten Motor angetrieben wird, dessen Drehmoment klein gegen das Drehmoment des die Abzugscheibe 19 antreibenden Motor ist und mit einer Regeleinrichtung konstant gehalten wird.

Die Herstellung eines Hochspannungskabels in der in den Fig. 1 und 2 gezeigten Anlage geht folgendermassen vor sich: Von der Leiterrolle 1 wird gegen die Bremswirkung der erwähnten, in der Lagerung der Leiterrolle vorgesehenen nicht dargestellten Bremsvorrichtung der Leiter 2 abgezogen. Der hierfür notwendige Längszug auf den Leiter 2 wird zum überwiegenden Teil von dem erwähnten, die Abzugscheibe 19 antreibenden Motor, zum Teil von dem innerhalb der Bleipresse 17 vorgesehenen, auf das Kabel wirkenden Längsschub und zu einem relativ geringen Teil auch von dem die Kabelrolle 21 antreibenden Motor erzeugt. Als Leiter 2 wird in gleicher Weise wie bei den bekannten Hochspannungskabeln ein verseilter Kupferleiter verwendet. Der von der Leiterrolle 1 abgezogene Leiter 2 wird über die Um-

lenkrolle 3 geführt und übt infolge des auf ihn wirkenden Längszuges auf die Lagerung der Umlenkrolle 3, eine Kraft aus, die von der oben erwähnten, in der Lagerung der Umlenkrolle 3 vorgesehenen Einrichtung gemessen wird und aus der ein Steuersignal zur Steuerung der in der Lagerung der Leiterrolle 1 vorgesehenen Bremsvorrichtung abgeleitet wird, das eine derartige Steuerung des von dieser Einrichtung erzeugten Bremsmomentes bewirkt, dass sich ein konstant bleibender Längszug auf den Leiter 2 ergibt. Von der Umlenkrolle 3 wird der Leiter 2 über die Dichtung 12 in die Kammer 11 und dort über eine weitere nicht dargestellte Dichtung in den wannenförmigen Imprägnierbehälter 5 eingeführt.

Im Bereich zwischen der Umlenkrolle 3 und der Dichtung 12 kann der Leiter 2 noch eine in Fig. 1 nicht dargestellte Einrichtung zur Aufbringung einer sogenannten inneren Halbleiterschicht, die vorzugsweise aus russhaltigen Copolymeren besteht und zur Leiterglättung bzw. zur Verhinderung der Bildung von elektrisch beanspruchten Hohlräumen zwischen dem Leiter und der Isolation dient, durchlaufen. Anstatt einer Aufbringung der inneren Halbleiterschicht vor der Einführung des Leiters 2 in die Kammer 11 können ferner auch noch in dem ersten Behälterabschnitt 5₁ des Imprägnierbehälters anstelle von Isoliermaterialbändern ein oder mehrere Bänder aus einem halbleitenden Material auf den Leiter 2 aufgebracht werden, die sich in ihrer Längsrichtung parallel zur Leiterachse erstrecken und in Querrichtung den Leiter 2 unter Überlappung ihrer Bandkanten umschliessen. Um sicherzustellen, dass der in den Imprägnierbehälter eintretende Leiter 2 vor der Aufbringung der ersten Lage von Isoliermaterialbändern 9 oder Bändern aus halbleitendem Material vollständig, d. h. also ohne Bildung von Hohlräumen und Lufteinschlüssen, von dem Imprägniermittel durchtränkt wird, wird das Imprägniermittel in dem Imprägnierbehälter 5 durch Erwärmung auf eine genügend hohe Temperatur in einem dünnflüssigen Zustand gehalten und eventuell zusätzlich die Strecke, die der Leiter 2 in dem Imprägnierbehälter 5 vor der Aufbringung der ersten Lage Isoliermaterialbänder durchläuft, relativ lang gemacht. Ist der Leiter 2, wie das z. B. bei einem Ölkabel der Fall ist, im Zentrum hohl, dann kann das in diesem Fall von Kabelöl gebildete Imprägniermittel zusätzlich vom Kabelende auf der Kabelrolle 21 her in den Leiter 2 eingeleitet werden und dadurch eine zusätzliche Durchdringung des Leiters mit dem Imprägniermittel erreicht werden.

Auf den in den Imprägnierbehälter 5 eingeführten Leiter 2 wird nun in jedem Behälterabschnitt 5₁ bis 5_m (bzw. 5₁ bis 5_(m-1)), wenn in den Behälterabschnitten 5₁ und 5_m Bänder aus halbleitendem Material aufgebracht werden) eine Lage von Isoliermaterialbändern 9 aufgebracht. Die Art der Aufbringung ist im einzelnen in Fig. 2 veranschaulicht. Fig. 2 zeigt in schematischer perspektivischer Darstellung einen Behälterabschnitt des Imprägnierbehälters 5, den diesen Behälterabschnitt durchlaufenden Teil des in der Herstellung befindlichen Kabels, die im vorliegenden Fall zu einer Lage Isoliermaterialbändern gehörigen drei Isoliermaterialbänder 9, deren Zuführung von drei oberhalb des Behälterabschnittes nebeneinander angeordneten, in Fig. 2 nicht gezeigten Bandrollen 6 über Umlenkrollen 7 und Leitorgane 8 zu dem in der Herstellung befindlichen Kabel sowie die Kalibrierung der von diesen drei Isoliermaterialbändern 9 gebildeten neuen Lage durch das Kalibrierorgan 10.

Die Isoliermaterialbänder 9 werden unter Längszug gegen die Bremswirkung von in der Lagerung der Bandrollen 6 eingebauten, in den Zeichnungen nicht dargestellten Bremsvorrichtungen mit steuerbarem Bremsmoment von den Bandrollen 6 abgezogen und üben infolge dieses Längszuges Kräfte auf die Lagerungen der Umlenkrollen 7 aus.

Diese Kräfte werden gemessen und daraus Steuersignale zur Steuerung der Bremseinrichtungen in den Lagerungen der Bandrollen 6 abgeleitet, die eine derartige Steuerung der von diesen Bremseinrichtungen erzeugten Bremsmomente bewirken, dass sich ein konstant bleibender Längszug auf die Isoliermaterialbänder 9 ergibt. Die Einrichtungen zur Messung der auf die Umlenkrollen 7 ausgeübten Kräfte und zur Ableitung der genannten Steuersignale aus diesen Kräften sind auch die Lagerungen und Halteorgane für die Umlenkrollen 7 sind in der Fig. 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht mit dargestellt.

Der Längszug auf die Isoliermaterialbänder 9 wird von dem in der Herstellung befindlichen Kabel durch dessen Bewegung durch den Imprägnierbehälter 5 (in Fig. 2 von rechts nach links) bewirkt und durch die Bremseinrichtungen in den Lagerungen der Bandrollen 6 so eingeregelt, dass er bei allen zu ein und derselben Lage gehörigen Isoliermaterialbändern 9 gleich gross ist und eine elastische Dehnung derselben von mindestens 50 d/R % verursacht, wenn mit dem Durchmesser der betreffenden Lage im fertigen Kabel und mit R der minimal zulässige Krümmungsradius des fertigen Kabels bezeichnet ist. Bei mit einer solchen elastischen Dehnung auf das in der Herstellung befindliche Kabel aufgebraachte Isoliermaterialbänder ergibt sich in den an Krümmungsstellen des zu verlegenden fertigen Kabels entstehenden Stauchungsbereichen des Kabels keine Stauchung sondern nur eine Zusammenziehung der Isolation bzw. der Isoliermaterialbänder. Es ist jedoch bei dieser dem Lagendurchmesser d proportionalen Bemessung der elastischen Dehnung der Isoliermaterialbänder zu beachten, dass die Dehnung der Isoliermaterialbänder der äussersten Lage höchstens gleich der Hälfte der sich an der oberen Grenze des elastischen Bereiches ergebenden Dehnung sein darf, damit sich in den an Krümmungsstellen des zu verlegenden fertigen Kabels entstehenden Streckungsbereichen des Kabels keine Risse in den Isoliermaterialbändern und auch keine plastischen Verformungen derselben ergeben. Plastische Verformungen der Isoliermaterialbänder sind dabei deswegen unerwünscht, weil das fertige Kabel nicht nur bei seiner Verlegung sondern auch in der Endphase seiner Herstellung (Abzugsscheibe 19) und beim Aufwickeln auf die Kabelrolle gekrümmt wird, und zwar meist mit dem minimal zulässigen Krümmungsradius, und daher dann bei der Verlegung des Kabels in den Bereichen, wo sich in der Endphase der Herstellung und beim Aufwickeln auf die Kabelrolle plastische Verformungen der Isoliermaterialbänder ergeben haben, eine Faltenbildung der Isoliermaterialbänder auftreten kann.

Die infolge des auf sie wirkenden Längszuges elastisch gedehnten Isoliermaterialbänder 9 laufen, wie in Fig. 2 ersichtlich von den Umlenkrollen 7 zu den Leitorganen 8 und werden von diesen an das in der Herstellung befindliche Kabel herangeführt und dabei gleichzeitig in Bandquerrichtung derart gekrümmt, dass sie sich praktisch in ihrer vollen Breite in den von dem Leiter und dem schon aufgebraachten Teil der Isolation gebildeten zylindrischen Strang 22 anlegen. Da das in der Herstellung befindliche Kabel durch das flüssige Imprägniermittel 4 hindurchläuft und sich auch die Leitorgane 8 unterhalb der Flüssigkeitsoberfläche des Imprägniermittels 4 befinden, laufen die Isoliermaterialbänder 9 vor ihrer Aufbringung auf das in der Herstellung befindliche Kabel durch das flüssige Imprägniermittel 4 und werden von diesem vollständig benetzt, so dass sich beim Aufbringen der Isoliermaterialbänder 9 auf den zylindrischen Strang 22 zwischen diesem und den aufgebraachten Isoliermaterialbändern 9 ein geschlossener Imprägniermittelfilm bildet. Das von den Isoliermaterialbändern 9 mitgenommene überschüssige Imprägniermittel wird dabei zum Teil seitlich an den Bändern 9 herausgedrückt und fliesst durch die Zwischen-

räume zwischen den Leitorganen 8 ab. Nach Passieren der Leitorgane 8 bilden die drei aufgebraachten Isoliermaterialbänder 9 zusammen eine neue Lage, deren Durchmesser jedoch noch etwas grösser als der Durchmesser dieser Lage im fertigen Kabel ist, weil die Leitorgane 8 die an den Strang 22 herangeführten Bänder 9 zur Vermeidung von Stauungen des von den Bändern 9 mitgeführten Imprägniermittels in den zwischen den herangeführten Bändern 9 und dem Strang 22 entstehenden Einlaufspalten nicht an den Strang 22 anpressen. Um die neue Lage auf ihren Durchmesser im fertigen Kabel zu bringen, wird das in der Herstellung befindliche Kabel daher nach Passieren der Leitorgane 8 durch das Kalibrierorgan 10 geführt. Das Kalibrierorgan 10 hat einen dem Durchmesser der neuen Lage im fertigen Kabel entsprechenden Innendurchmesser und bewirkt daher beim Durchziehen des in der Herstellung befindlichen Kabels die Reduktion des Durchmessers der neuen Lage auf ihren Durchmesser im fertigen Kabel. Gleichzeitig dient das Kalibrierorgan 10 als Abstreiforgan zur Entfernung des restlichen Teils des überschüssigen Imprägniermittels. Dieses wird beim Einlauf in das Kalibrierorgan 10 an den Spalten zwischen den Isoliermaterialbändern herausgedrückt, wobei sich die Dicke des erwähnten Imprägniermittelfilms zwischen den Bändern 9 und dem zylindrischen Strang 22 entsprechend der Durchmesserreduktion der von den Bändern 9 gebildeten neuen Lage verringert. Am Ende des in Fig. 2 gezeigten Behälterabschnittes des Imprägnierbehälters 5 ist das in der Herstellung befindliche Kabel mit einer auf ihren Durchmesser im fertigen Kabel gebrachten, fertig imprägnierten neuen Lage von Isoliermaterialbändern versehen und läuft so in den nächsten Behälterabschnitt ein. Zur Fig. 2 ist noch zu erwähnen, dass die Leitorgane 8 und das Kalibrierorgan 10 mit aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellten Halterungsmitteln so befestigt sind, dass der Imprägnierbehälter 5 frei abgesenkt werden kann.

Auf die oben anhand der Fig. 2 beschriebenen Weise wird in den einzelnen Behälterabschnitten des Imprägnierbehälters 5 je eine Lage von Isoliermaterialbändern 9 auf das in der Herstellung befindliche Kabel aufgebracht. Die Isoliermaterialbänder in aufeinanderfolgenden Lagen werden dabei, wie schematisch in Fig. 5 gezeigt, um jeweils 40° in Umfangsrichtung des in der Herstellung befindlichen Kabels gegeneinander versetzt aufgebracht. Entsprechend sind auch die Leitorgane 8 und die Umlenkrollen 7 in den einzelnen Behälterabschnitten jeweils um 40° versetzt gegen die Leitorgane und Umlenkrollen in dem vorhergehenden Behälterabschnitt angeordnet.

Gegebenenfalls können, sofern die Isolation vor der Aufbringung der äusseren Abschirmung mit einer halbleitenden Schicht umgeben werden soll, im letzten Behälterabschnitt 5_m anstelle von drei Isoliermaterialbändern ein oder mehrere Bänder aus einem halbleitenden Material aufgebracht werden, die sich in ihrer Längsrichtung parallel zur Leiterachse erstrecken und in Querrichtung die Isolation mit sich überlappenden Bandkanten umschliessen. Bei Aufbringung einer aus nur einem Band bestehenden halbleitenden Schicht in den Behälterabschnitten 5_m und/oder 5, sind dort jeweils nur eine Bandrolle, eine Umlenkrolle und ein Leitorgan vorgesehen, und das Leitorgan geht von einer annähernd ebenen Fläche am Bandeinlauf in eine zylindrische Fläche am Bandauslauf über. In der Regel wird aber bei einer Aufbringung von Bändern aus halbleitendem Material in den Behälterabschnitten 5_m und/oder 5, die Anzahl der Bänder pro Lage die gleiche wie bei den Isoliermaterialbändern bzw. wie in den Behälterabschnitten 5₂ bis 5_(m-1) sein. Die Aufbringung einer die Isolation umgebenden halbleitenden Schicht kann aber auch in einer im Bereich zwischen der Dichtung 13 und der zur Aufbringung der äusseren Abschir-

mung vorgesehenen Vorrichtung 14 angeordneten (in Fig. 1 nicht dargestellten) Einrichtung oder auch innerhalb der Vorrichtung 14 selbst in einer Vorstufe derselben, in der die Isolation zunächst vor der Aufbringung der äusseren Abschirmung mit einem halbleitenden Band umspinnen wird, erfolgen. In diesem Fall muss aber dafür Sorge getragen werden, dass sich zwischen der äussersten Lage der Isoliermaterialbänder und der auf diese aufgetragenen halbleitenden Schicht keine Hohlräume oder Luftschlüsse bilden können und eventuell zwischen dieser äussersten Lage und der halbleitenden Schicht entstehende Zwischenräume von dem Imprägniermittel ausgefüllt sind. Das kann dadurch erreicht werden, dass das in der Herstellung befindliche Kabel nach Aufbringung der äussersten Lage von Isoliermaterialbändern und nach Durchlaufen des für diese Lage vorgesehenen Kalibrierorgans noch ein Stück durch das flüssige Imprägniermittel läuft, so dass die fertige Isolierung aussen vollständig mit dem Imprägniermittel benetzt ist, und dass die Innendurchmesser der (in Fig. 1 nicht dargestellten) ausgangseitigen Dichtung des Imprägnierbehälters 5 und der ausgangseitigen Dichtung 13 der Kammer 11, durch die das in der Herstellung befindliche Kabel hindurchläuft, etwas grösser als der Durchmesser der Isolation gemacht wird, so dass der durch die zuvor erwähnte Benetzung der Isolation entstandene, diese umhüllende Imprägniermittelfilm beim Durchlaufen dieser Dichtungen erhalten bleibt und die anschliessend aufzubringende halbleitende Schicht dann sozusagen in diesen Imprägniermittelfilm eingebettet wird. Eine andere Möglichkeit, eventuelle Zwischenräume zwischen der äussersten Lage von Isoliermaterialbändern und der halbleitenden Schicht mit dem Imprägniermittel auszufüllen, besteht darin, die fertige Isolation vor oder während der Aufbringung der halbleitenden Schicht nochmals mit dem Imprägniermittel zu benetzen, und eine weitere Möglichkeit darin, die Vorrichtung 14 so anzuordnen, dass sie sich unmittelbar an den letzten Behälterabschnitt 5_m anschliesst, und am Übergang von diesem letzten Behälterabschnitt zur Vorrichtung 14 das Kalibrierorgan der letzten Lage anzuordnen und dieses aber mit einem etwas grösseren Innendurchmesser als dem Durchmesser der Isolation im fertigen Kabel zu versehen und die Isolation dann beim Aufbringen der halbleitenden Schicht etwas zusammenzudrücken und dabei das zuvor zwischen der letzten und vorletzten Lage der Isoliermaterialbänder befindliche überschüssige Imprägniermittel in die Zwischenräume zwischen der letzten Lage und der halbleitenden Schicht zu drücken.

Nach dem Verlassen der Kammer 11 durchläuft das in der Herstellung befindliche Kabel dann die Vorrichtung 14 und wird dort mit einem die äussere Abschirmung 16 bildenden Band mit Metallbelag umspinnen. Als Vorrichtung 14 kann dabei ein bekannter Spinner verwendet werden, wie er auch zur Aufbringung äusserer Abschirmungen bei den bekannten Hochspannungskabeln benutzt wird.

Anschliessend an die Vorrichtung 14 durchläuft das in der Herstellung befindliche Kabel dann die Ummantelungseinrichtung 17 und wird dort mit dem Kabelmantel 18 versehen. Als Ummantelungseinrichtung 17 kann dabei eine bekannte Ummantelungseinrichtung verwendet werden, wie sie auch zum Aufbringen der Kabelmäntel bei den bekannten Hochspannungskabeln benutzt wird, beispielsweise eine Bleipresse.

Im Gegensatz zu den bekannten Herstellungsverfahren von papierisolierten Hochspannungskabeln durchläuft das in der Herstellung befindliche Kabel bei dem vorliegenden Verfahren die Isolierkammer 11, den Spinner 14 und die Bleipresse 17 mit gleicher Geschwindigkeit, so dass also ein kontinuierlicher Herstellungsprozess ermöglicht wird, bei dem die Isolierung des Leiters, die Abschirmung der Isolation

und die Ummantelung des Kabels in einem in sich geschlossenen Verfahrensgang durchgeführt werden. Die Durchlaufgeschwindigkeit des in Herstellung befindlichen Kabels durch die Isolierkammer 11, die Abschirmungsvorrichtung 14 und Ummantelungseinrichtung 17 wird in der Regel von der Ummantelungseinrichtung bestimmt.

Das Kabel 20 verlässt die Ummantelungseinrichtung 17 im fertigen Zustand und wird dann über die Abzugscheibe 19 geführt und anschliessend auf der Kabelrolle 21 aufgerollt. Die Abzugscheibe 19 wird von dem oben schon erwähnten nicht dargestellten Motor mit konstantem Drehmoment angetrieben. Ebenso wird auch die Kabelrolle 21 von einem weiteren nicht dargestellten Motor mit einem konstanten Drehmoment angetrieben, das jedoch wesentlich kleiner als das auf die Abzugscheibe 19 ausgeübte Drehmoment ist. Der auf das Kabel 20 wirkende Längszug wird daher im wesentlichen von dem auf die Abzugscheibe 19 ausgeübten Drehmoment erzeugt und bleibt, da dieses konstant ist, ebenfalls konstant. Sowohl der Laufdurchmesser der Abzugscheibe 19 wie auch der kleinste Wickeldurchmesser der Kabelrolle 21 entsprechen dem Doppelten des minimal zulässigen Krümmungsradius des Kabels 20.

Als Isoliermaterialbänder werden bei dem vorliegenden Verfahren üblicherweise Kunststoffbänder, vorzugsweise Polyolefinbänder, verwendet. Die Stärke der Isoliermaterialbänder kann von der innersten zur äussersten Lage hin zunehmen, in gleicher Weise wie bei den bekannten papierisolierten Ölkabeln, sie kann aber auch in sämtlichen Lagen gleich sein, wobei dann die für die innerste Lage geltenden Bedingungen für die Stärke der in allen Lagen gleich starken Isoliermaterialbänder bestimmend sind. Im allgemeinen gelten für die Wahl der Stärke der Isoliermaterialbänder bei dem vorliegenden Hochspannungskabel die gleichen Richtlinien wie bei den bekannten papierisolierten Hochspannungskabeln.

Die in erster Linie in Frage kommenden Anordnungsmöglichkeiten der Isoliermaterialbänder sind in den Fig. 3 bis 6 gezeigt. Fig. 3 zeigt schematisch die Anordnung der Isoliermaterialbänder bei einem Band pro Lage, wobei die Bänder in aufeinanderfolgenden Lagen um je 120° gegeneinander versetzt sind. Fig. 4 die Anordnung bei zwei Bändern pro Lage, wobei die Bänder in aufeinanderfolgenden Lagen um je 60° gegeneinander versetzt sind, und Fig. 5 die Anordnung bei drei Bändern pro Lage, wobei die Bänder in aufeinanderfolgenden Lagen um je 40° gegeneinander versetzt sind. In Fig. 6 ist schliesslich eine Anordnung mit im Schnitt durch das Kabel spiralförmig aneinandergereihten Bandquerschnitten der Isoliermaterialbänder gezeigt, wobei sich jedes Band in Bandquerrichtung über annähernd $\frac{2}{3}$ des Umfanges bzw. über annähernd 225° erstreckt.

Zu dem bei dem vorliegenden Verfahren zu verwendenen Imprägniermittel wäre noch zu bemerken, dass vorzugsweise ein bei 20 °C in einem schmierfettartigen Übergangszustand vom flüssigen zum festen Aggregatzustand befindlicher hochviskoser Kohlenwasserstoff oder eine Mischung solcher Kohlenwasserstoffe als Imprägniermittel verwendet wird. In diesem Falle muss der Imprägnierbehälter 5 beheizt werden, damit das Imprägniermittel im Imprägnierbehälter im flüssigen Zustand gehalten wird. Die aufrechtzuerhaltende Temperatur des Imprägniermittels im Imprägnierbehälter 5 ist dabei zweckmässig so zu wählen, dass sich einerseits das Imprägniermittel in einem möglichst leichtflüssigen bzw. dünnflüssigen Zustand befindet und andererseits aber die mechanischen und chemischen Eigenschaften des für die Isoliermaterialbänder verwendeten Materials wie dessen elastische Dehnbarkeit, sein struktureller Gefügebau, seine chemische Beständigkeit usw. durch die Erhitzung auf die Temperatur des Imprägniermittels nicht wesentlich verän-

der; werden. Letzteres ist besonders deswegen wichtig, weil als Material für die Isoliermaterialbänder ja in erster Linie Kunststoff in Betracht kommt und die Temperaturbeständigkeit von Kunststoffen ja bekanntlich begrenzt ist.

Der Imprägnierbehälter 5 ist zudem Teil eines in sich geschlossenen Imprägniermittelkreislaufes, in dem das Imprägniermittel dauernd umgewälzt, gereinigt und entgast wird.

PATENTANSPRUCH I

Verfahren zur Herstellung eines Hochspannungskabels mit mindestens einem Leiter, einem Kabelmantel und einer den Leiter umgebenden Isolation, die aus einer Vielzahl von lagenweise übereinander und in aufeinanderfolgenden Lagen versetzt gegeneinander angeordneten Isoliermaterialbändern zusammengesetzt ist und ein Zwischenräume zwischen benachbarten Isoliermaterialbändern und andere Hohlräume innerhalb des von dem Kabelmantel umschlossenen Raumes ausfüllendes Imprägniermittel umfasst und bei der sich die Isoliermaterialbänder in Bandlängsrichtung mindestens näherungsweise in Längsrichtung des von ihnen isolierten Leiters und in Bandquerrichtung mindestens näherungsweise in Umfangsrichtung des von ihnen isolierten Leiters erstrecken, dadurch gekennzeichnet, dass der Leiter (2) entlang einer zentralen Führungslinie bewegt wird und im Bereich derselben die Gesamtzahl der Isoliermaterialbänder (9), aus denen sich die Isolation zusammensetzt, auf den sich bewegenden Leiter derart aufgebracht wird, dass aufeinanderfolgenden Lagen zugeordnete Isoliermaterialbänder erstens in Bewegungsrichtung des Leiters und zweitens, entsprechend der Winkelversetzung der Isoliermaterialbänder in aufeinanderfolgenden Lagen der Isolation, in Umfangsrichtung des Leiters versetzt gegeneinander auf den Leiter aufgebracht werden und die jeweils ein und derselben Lage zugeordneten Isoliermaterialbänder dem in der Herstellung befindlichen Kabel gleichmässig auf den Umfang desselben verteilt zugeleitet werden, und dass ferner die in annähernd ebener Form von Bandrollen (6) abrollenden Isoliermaterialbänder (9) vor dem Aufbringen auf das in der Herstellung befindliche Kabel derart in Bandquerrichtung gekrümmt werden, dass sie sich beim Aufbringen in ihrer vollen Breite an mindestens einen Sektor des von dem Leiter und dem schon aufgetragenen Teil der Isolation gebildeten zylindrischen Stranges (22) anlegen, und dass die Isolation gleichzeitig mit dem Aufbringen der Isoliermaterialbänder (9) mit dem Imprägniermittel (4) versehen wird.

UNTERANSPRÜCHE

1. Verfahren nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, dass die Isoliermaterialbänder (9) parallel zur Leiterachse auf den Leiter (23) aufgebracht werden.

2. Verfahren nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzielung einer verseilungsartigen Umschlingung des Leiters durch die Isoliermaterialbänder zwischen dem von dem Leiter und dem schon aufgetragenen Teil der Isolation gebildeten zylindrischen Strang und den zur Aufbringung der Isoliermaterialbänder vorgesehenen Mitteln eine relative Drehbewegung mit einer der Längsbewegungsgeschwindigkeit des Leiters mit einer Proportionalitätskonstante proportionalen Winkelgeschwindigkeit erzeugt wird und die Isoliermaterialbänder in mit der gleichen Proportionalitätskonstante jeweils dem Radius der zugeordneten Lage im fertigen Kabel proportionalen Winkeln zur Leiterachse auf den Leiter aufgebracht werden, wobei die Proportionalitätskonstante vorzugsweise so gewählt wird, dass bei allen aufgetragenen Isoliermaterialbändern die Winkel zwischen einer Bandlängskante und einer durch dieselbe verlaufenden Parallelen zur Leiterachse kleiner als 5° ist.

3. Verfahren nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet,

net, dass in den einzelnen Lagen der Isolation je n Isoliermaterialbänder (9) so auf den von dem Leiter und dem schon aufgetragenen Teil der Isolation gebildeten zylindrischen Strang aufgebracht werden, dass sich jedes derselben in Bandquerrichtung über mindestens annähernd $360^\circ/n$ in Umfangsrichtung des Leiters (2) erstreckt und die n Isoliermaterialbänder zusammen den Leiter und die unter ihnen befindlichen Lagen der Isolation zylindermantelförmig umhüllen, wobei die Isoliermaterialbänder in aufeinanderfolgenden 10 Lagen vorzugsweise jeweils um mindestens annähernd $120^\circ/n$ in Umfangsrichtung des von ihnen isolierten Leiters gegeneinander versetzt aufgebracht werden und wobei n eine ganze Zahl, vorzugsweise 1, 2 oder 3 ist (Fig. 3-5).

4. Verfahren nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, dass Isoliermaterialbänder (9) aus einem elastisch dehnbaren Material verwendet werden, vorzugsweise aus Kunststofffolien oder elastische dehnbarem Papier oder einer Kombination von beiden.

5. Verfahren nach Unteranspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Isoliermaterialbänder (9) unter Längszug mit einer im elastischen Bereich liegenden Dehnung auf das in der Herstellung befindliche Kabel aufgebracht werden, so dass sich in den an Krümmungsstellen des zu verlegenden fertigen Kabels (20) entstehenden Stauchungsbereichen des 15 Kabels keine Stauchung sondern nur eine Zusammenziehung der Isolation bzw. der Isoliermaterialbänder ergibt.

6. Verfahren nach Unteranspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die elastische Dehnung der Isoliermaterialbänder (9) proportional ihrem radialen Abstand von der Kabelachse im fertigen Kabel bemessen wird und die elastische Dehnung der Isoliermaterialbänder der äussersten Lage höchstens gleich der Hälfte der sich an der oberen Grenze des elastischen Bereiches ergebenden Dehnung gemacht wird.

7. Verfahren nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Herstellung befindliche Kabel nach dem Aufbringen sämtlicher Isoliermaterialbänder (9) mit einer äusseren Abschirmung (16) versehen wird, mit der die äusserste Lage von Isoliermaterialbändern vorzugsweise umspannen wird, und dass diese äussere Abschirmung im 40 gleichen Verfahrensgang wie das Aufbringen der Isoliermaterialbänder in einem in Bewegungsrichtung des Leiters (2) auf den Bereich der Aufbringung der Isoliermaterialbänder folgenden Bereich auf das in der Herstellung befindliche Kabel aufgebracht wird.

8. Verfahren nach Unteranspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Herstellung befindliche Kabel nach dem Aufbringen sämtlicher Isoliermaterialbänder (9) mit einer Ummantelung (18) versehen wird, und dass diese Ummantelung im gleichen Verfahrensgang wie das Aufbringen der Isoliermaterialbänder in einem in Bewegungsrichtung des Leiters (2) auf den Bereich der Aufbringung der äusseren Abschirmung (16) folgenden Bereich auf das in der Herstellung befindliche Kabel aufgebracht wird.

9. Verfahren nach Patentanspruch I oder einem der Unteransprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Leiter (2) beim Aufbringen der Isoliermaterialbänder (9) durch das Imprägniermittel (4) hindurchgeführt wird und die Temperatur des Imprägniermittels in einem Bereich gehalten wird, in dem sich das Imprägniermittel im flüssigen Zustand 60 befindet.

10. Verfahren nach Unteranspruch 9 zur Herstellung eines Ölkabels, dadurch gekennzeichnet, dass als Imprägniermittel eine niedrigviskose Isolierflüssigkeit, vorzugsweise Kabelöl, verwendet wird.

11. Verfahren nach Unteranspruch 9 zur Herstellung eines Gasaussendruckkabels, dadurch gekennzeichnet, dass als Imprägniermittel eine Isolierflüssigkeit mittlerer Viskosität verwendet wird.

12. Verfahren nach Unteranspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein bei Normaltemperatur von 20 °C in einem schmierfettartigen Übergangszustand vom flüssigen zum festen Aggregatzustand befindliches Imprägniermittel (4), vorzugsweise ein hochviskoser hochmolekularer Kohlenwasserstoff oder eine Mischung solcher Kohlenwasserstoffe, verwendet wird.

13. Verfahren nach Unteranspruch 8 zur Herstellung eines Gasinnendruckkabels, dadurch gekennzeichnet, dass als Imprägniermittel ein Isoliergas, vorzugsweise Stickstoff oder Schwefelhexafluorid, verwendet wird und der Leiter beim Aufbringen der Isoliermaterialbänder und bis zur Ummantelung durch einen unter Überdruck stehenden Gasbehälter hindurchgeführt wird, in dem sich das Isoliergas befindet.

14. Verfahren nach Patentanspruch I oder einem der Unteransprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Herstellung befindliche Kabel über einen Bereich, in dem alle im gleichen Verfahrensgang ablaufenden Verfahrensschritte durchgeführt werden, längs einer geradlinigen Führungslinie bewegt wird.

15. Verfahren nach Patentanspruch I oder einem der Unteransprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass als Isoliermaterialbänder (9) Kunststofffolienbänder, vorzugsweise Polyolefinbänder, verwendet werden.

16. Verfahren nach Unteranspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kunststofffolienbänder vor dem Aufbringen auf den zu isolierenden Leiter einer Vergütungsvorbehandlung unterzogen werden, vorzugsweise einer chemischen oder Strahleneinwirkung zur Vernetzung ihrer molekularen Struktur.

PATENTANSPRUCH II

Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch I, gekennzeichnet durch einen Imprägnierbehälter (5), Führungsmittel (3, 19) zur Führung des zu isolierenden Leiters (2) durch den Imprägnierbehälter, Antriebsmittel zur Bewegung des Leiters (2) relativ zu dem Imprägnierbehälter (5) in Leiterlängsrichtung, eine der Anzahl der Isoliermaterialbänder (9), aus denen sich die Isolation zusammensetzt, entsprechende Anzahl von drehbar gelagerten Bandrollen (6), eine mindestens der Anzahl (m) der Lagen in der Isolation entsprechende Anzahl von innerhalb des Imprägnierbehälters (5) angeordneten Leitorganen (8) zur Zuleitung der Isoliermaterialbänder (9) zu dem in der Herstellung befindlichen Kabel auf dem letzten Wegstück vor dem Aufbringen auf dasselbe mit Leitflächen für die Isoliermaterialbänder, deren Flächenkrümmungsradius in zur Bewegungsrichtung der Isoliermaterialbänder lotrechten Querschnittsebenen sich in Bewegungsrichtung der Isoliermaterialbänder verringert, zur Krümmung der in annähernd ebener Form von den Bandrollen (6) abrollenden Isoliermaterialbänder (9) vor dem Aufbringen auf das in der Herstellung befindliche Kabel in eine ihrer Querkrümmung in der Isolation im fertigen Kabel (20) mindestens annähernd angepasste Form, und eine Anzahl von Kalibrierorganen (10), die das in der Herstellung befindliche Kabel an mehreren Stellen jeweils mit einem dem Durchmesser des schon aufgebrachten Teiles der Isolation im fertigen Kabel entsprechenden Durchmesser umschliessen und beim Durchziehen des in der Herstellung befindlichen Kabels den schon aufgebrachten Teil der Isolation auf diesen Durchmesser kalibrieren.

UNTERANSPRÜCHE

17. Anlage nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, dass dem Imprägnierbehälter (5) eine Vorrichtung (14) zur Aufbringung einer äusseren Abschirmung (1b) auf das den Imprägnierbehälter verlassende, in der Herstellung befindliche Kabel, vorzugsweise ein Spinner zum Umspinnen

desselben, nachgeschaltet ist.

18. Anlage nach Unteranspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorrichtung (14) zur Aufbringung der äusseren Abschirmung eine Ummantelungseinrichtung (17) nachgeschaltet ist.

19. Anlage nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, dass in einem in Bewegungsrichtung des Leiters auf den Bereich der Aufbringung der Isoliermaterialbänder folgenden Bereich eine Vorrichtung zur Aufbringung der äusseren Abschirmung auf das in der Herstellung befindliche Kabel, vorzugsweise ein Spinner zum Umspinnen desselben, angeordnet und dieser eine Ummantelungseinrichtung nachgeschaltet ist und dass der Imprägnierbehälter den Bereich der Aufbringung der Isoliermaterialbänder und die Vorrichtung zur Aufbringung der äusseren Abschirmung umschliesst und bis zum Eingang der Ummantelungseinrichtung reicht und mit einem das Imprägniermittel bildenden, unter Überdruck stehenden Isoliergas gefüllt ist.

20. Anlage nach Patentanspruch II oder einem der Unteransprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungsmittel (3, 19) zu einer geradlinigen Führung des in der Herstellung befindlichen Kabels durch alle in den gleichen Herstellungsgang einbezogenen Einrichtungen ausgebildet sind.

21. Anlage nach Patentanspruch II oder einem der Unteransprüche 17 bis 19, gekennzeichnet durch auf die Bewegung der Isoliermaterialbänder einwirkende regelbare Bremsmittel, die vorzugsweise in der Lagerung der Bandrollen angeordnet sind, zur Erzeugung eines auf die Isoliermaterialbänder wirkenden, auf einen konstanten Wert einregelbaren Längszuges.

22. Anlage nach Patentanspruch II oder einem der Unteransprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass je ein Leitorgan für die Isoliermaterialbänder jeder Lage der Isolation vorgesehen ist und die Leitflächen der einzelnen Leitorgane horntrichterförmig ausgebildet und vorzugsweise mit Längsführungsmittel für jedes einzelne Isoliermaterialband der zugeordneten Lage versehen sind.

23. Anlage nach Patentanspruch II oder einem der Unteransprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass je ein Leitorgan (8) für jedes aufzubringende Isoliermaterialband (9) vorgesehen ist und die Leitorgane (8) derart angeordnet sind, dass aufeinanderfolgenden Lagen zugeordnete Leitorgane (8) erstens in Bewegungsrichtung des Leiters (2) und zweitens, entsprechend der Winkelversetzung der Isoliermaterialbänder (9) in aufeinanderfolgenden Lagen, in Umfangsrichtung des Leiters (2) gegeneinander versetzt sind und für jede einzelne Lage eine der Anzahl der Isoliermaterialbänder in der betreffenden Lage entsprechende Anzahl von gleichmässig um den Leiter herum verteilten Leitorganen (8) vorgesehen ist, und dass die Leitflächen der Leitorgane von einer mindestens annähernd ebenen Fläche am Bandeinlauf in eine mindestens annähernd zylindermantelförmige bzw. teilzylindermantelförmige Fläche am Bandauslauf übergehen.

24. Anlage nach Patentanspruch II oder einem der Unteransprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass je ein Kalibrierorgan (10) für jede Lage von Isoliermaterialbändern (9) vorgesehen ist und die einzelnen Kalibrierorgane (10) sich an die Bandausläufe der jeweils einer Lage zugeordneten Leitorgane (8) anschliessen.

25. Anlage nach Patentanspruch II oder Unteranspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Imprägnierbehälter (5) ein flüssiges Imprägniermittel (4) enthält und die Kalibrierorgane (10) gleichzeitig als Abstreiforgane zum Abstreifen des überschüssigen Teiles des Imprägniermittels (4), das von den Isoliermaterialbändern (9) beim Durchlaufen des in der Herstellung befindlichen Kabel umgebenden Im-

prägniermittels (4) mitgenommen wird, dienen und vorzugs-

weise nippelförmig ausgebildet sind.

Anmerkung des Eidg. Amtes für geistiges Eigentum:

Sollten Teile der Beschreibung mit der im Patentanspruch gegebenen Definition der Erfindung nicht in Einklang stehen, so sei daran erinnert, dass gemäss Art. 51 des Patentgesetzes der Patentanspruch für den sachlichen Geltungsbereich des Patentbesitzes massgebend ist.

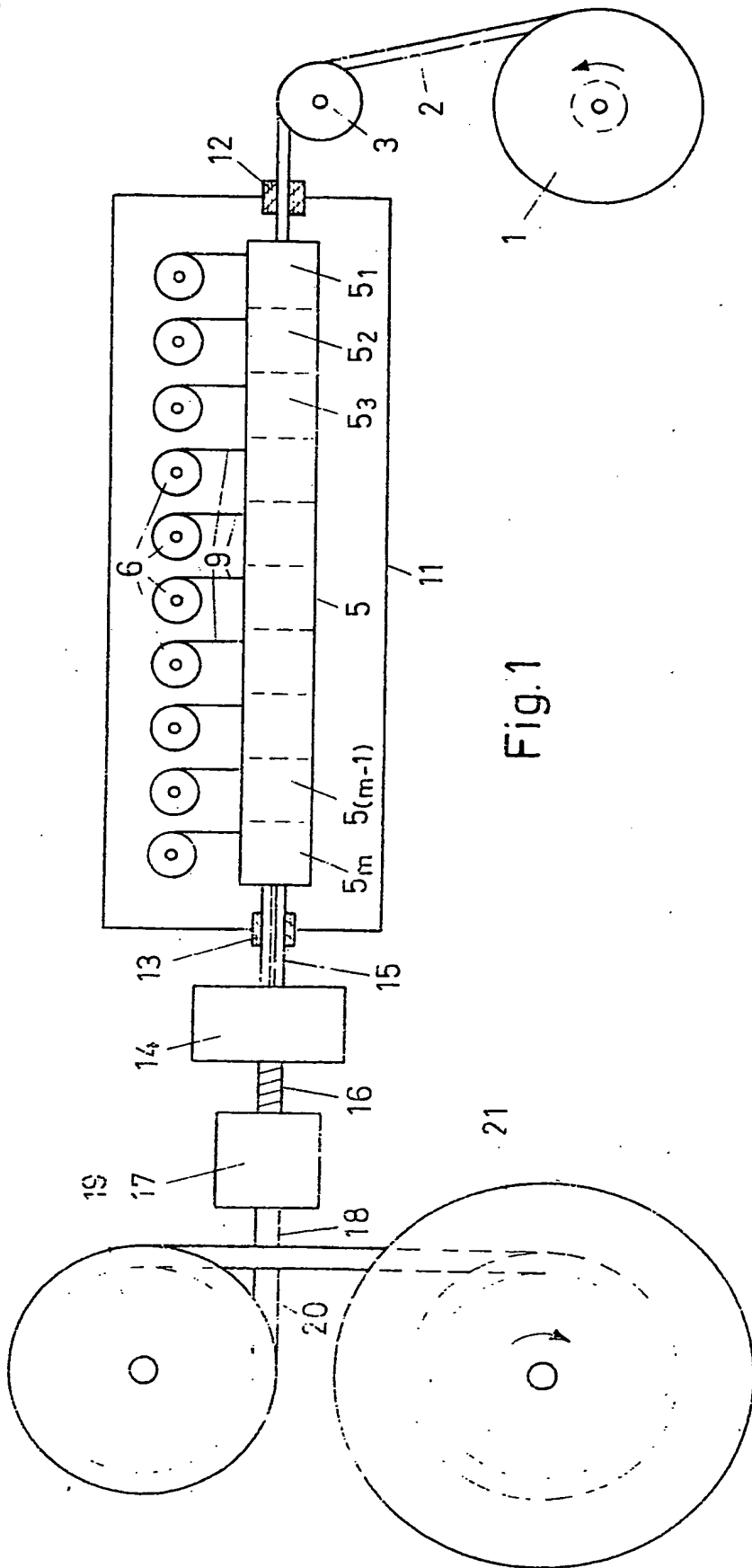


Fig. 1

Fig. 3

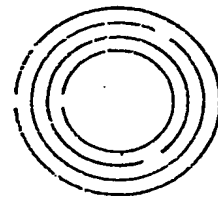


Fig. 4

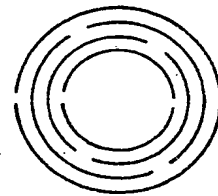


Fig. 5

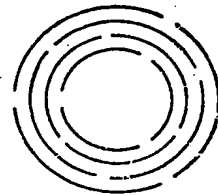
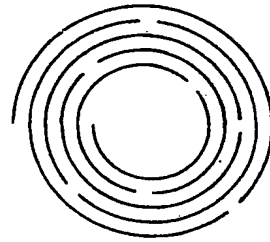


Fig. 6



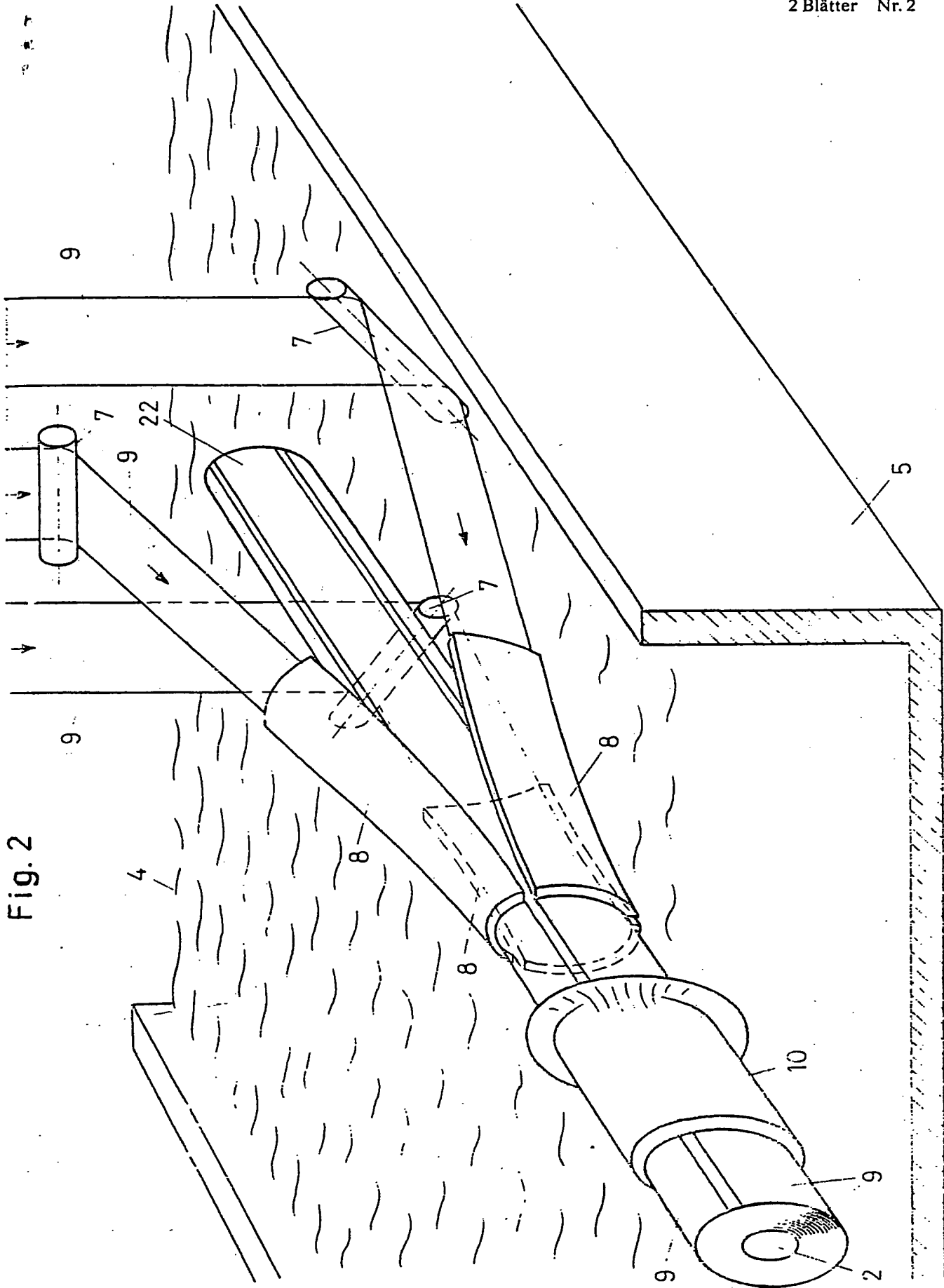


Fig. 2